

## H18/B03 流れが深く関与するプラズマ物性の基礎と応用(1節 共同プロジェクト研究の理念と概要, 第4章 共同プロジェクト研究)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
巻	13
ページ	246-248
発行年	2007-08
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/40680">http://hdl.handle.net/10097/40680</a>

## 流れが深く関与するプラズマ物性の基礎と応用

### 〔1〕組織

代表者：犬竹正明 (東北大学工学研究科)  
 対応者：末光眞希 (東北大学学際高等セ)  
 分担者：安藤 晃 (東北大学工学研究科)  
 飯塚 哲 (東北大学工学研究科)  
 服部邦彦 (東北大学工学研究科)  
 庭野道夫 (東北大学電気通信研究所)  
 佐藤信之 (東北大学電気通信研究所)  
 西山秀哉 (東北大学流体科学研究所)  
 佐宗章弘 (東北大学流体科学研究所)  
 藤原民也 (岩手大学工学研究科)  
 高木浩一 (岩手大学工学研究科)  
 高山正和 (秋田県立大学システム科学)  
 斉藤和史 (宇都宮大学工学研究科)  
 市村 真 (筑波大学プラズマ研)  
 北條仁士 (筑波大学プラズマ研)  
 池畑 隆 (茨城大学理工学研究科)  
 秋津哲也 (山梨大学工学部)  
 豊島安健 (産業技術総合研究所)  
 浦島邦子 (科学技術政策研究所)  
 荒川義博 (東京大学工学研究科)  
 小田哲治 (東京大学工学研究科)  
 渡辺隆行 (東京工業大学原子炉研)  
 小駒益弘 (上智大学理工学部)  
 都木恭一郎 (東京農工大学工学教育部)  
 津島 晴 (横浜国立大学工学研究院)  
 水野 彰 (豊橋技術科学大学)  
 神藤正士 (静岡大学工学部)  
 永津雅章 (静岡大学工学部)  
 菅井秀郎 (名古屋大学工学研究科)  
 河野明廣 (名古屋大学工学研究科)  
 堀 勝 (名古屋大学工学研究科)  
 佐々木浩一 (名古屋大学工学研究科)  
 上村鉄雄 (名城大学理工学部)  
 金子 修 (核融合科学研究所)  
 竹入康彦 (核融合科学研究所)  
 長山好夫 (核融合科学研究所)  
 吉村信次 (核融合科学研究所)  
 吉沼幹朗 (核融合科学研究所)  
 藤村紀文 (大阪府立大学工学部)  
 阪上雅昭 (京都大学人間・環境学研究科)

際本泰士 (京都大学人間・環境学研究科)  
 橘 邦英 (京都大学工学研究科)  
 斧 高一 (京都大学工学研究科)  
 田原弘一 (大阪大学基礎工学研究科)  
 永田正義 (兵庫県立大学工学研究科)  
 福政 修 (山口大学工学部)  
 内藤裕志 (山口大学工学部)  
 田中雅慶 (九州大学総合理工学研究院)  
 中島秀紀 (九州大学総合理工学研究院)  
 篠原俊二郎 (九州大学総合理工学研究院)  
 佐藤浩之助 (九州大学応用力学研究所)  
 間瀬 淳 (九州大学産学連携センター)  
 藤山 寛 (長崎大学工学部)  
 秋山秀典 (熊本大学工学研究科)  
 山部長兵衛 (佐賀大学工学部)  
 竹田 篤 ((有) アイエスアイ)  
 藤井修逸 ((株) アドテックプラズマテクノロ  
 ジー)  
 中谷達行 ((株) トーヨーテック)

研究費： 物件費 5 万円、旅費 54 万 2 千円

### 〔2〕研究経過

現在、プラズマ生成技術は新しい材料の製造プロセス分野においても欠かせぬ手段として活用されており、半導体集積回路、太陽電池、発光ダイオード、ダイヤモンド合成、セラミック製造、磁性材料、超電導材料など各種薄膜形成、微細加工、表面改質などに積極的に使用され、プラズマは近年のナノテクノロジーの基盤技術となっている。

特に、最近は大気圧領域で動作する高気圧・高密度プラズマがその反応性の強さや効率の高さなどで強く興味を持たれている。このようなプラズマ生成制御技術にはプラズマの流れ場が重要な役割を果たしていることが明らかとなってきた。プラズマの流れが関与する研究には著しい進展があり、ナノ分野をはじめ宇宙推進技術や種々の産業応用にとっても基礎研究だけでなくプラズマ流の計測・可視化技術も含めた応用研究が積極的に進められている。

本研究では、宇宙技術や他の産業応用に関連した分野間を越えた研究交流を積極的に図ることを目的

としている。本プロジェクトは、本年度が初年度であり、流れが深く関与するプラズマ物性についての基礎研究や応用研究に関する研究会を開催した。これまで様々な立場で研究が行われてきたプラズマ流の生成・制御法の総合的理解と、特性の評価、理論的検討などを進め、今後の応用研究へ展開を図っていく。

以下に、本年度開催した研究討論会の概要を記す。

#### 第1回

日 時：平成18年7月24日（月）

会 場：東北大学工学部電気情報館北研究棟174室

講 師：船木一幸（宇宙航空研究開発機構）

題 目：2D-MPD 研究の進展とプラズマ離脱実験・理論研究

#### 第2回

日 時：平成18年3月8日（木）

場 所：東北大学工学部電気情報館103会議室

「プラズマ流の基礎と応用」研究会

(1) 犬竹正明（東北大院・工） あいさつ

(2) 田中雅慶（九大総理工）

“プラズマ・中性粒子結合系研究のための中性粒子流れ計測法”

(3) 阪上雅昭（京大院・人間環境）

“重力多体系でのポリトロープ状態の進化”

(4) 秋津哲也（山梨大・工）

“プラズマ実験：古い話と新しい話”

(5) Jen-Shin Chang（McMaster Univ.）

“最近のEHD大気圧プラズマ・ポンプの研究”

(6) 大友 裕唯（東北大院・工）

“電歪力駆動型EHDポンプの電極形状効果”

(7) Marlene Rosenberg（California 大, San Diego）

“Theoretical studies of space and laboratory dusty plasmas”

(8) 足立 聡（宇宙航空研究開発機構）

“宇宙航空研究開発機構におけるダストプラズマ研究の現状と将来計画”

(9) 芦川 直子（NIFS）

“核融合プラズマ装置におけるダスト”

(10) 林 康明（京都工芸繊維大）

“微小重力環境下における微粒子プラズマ臨界現象実験”

(11) 石原 修（横浜国大）

“トリエステ会議報告と最近の微粒子プラズマ研究”

#### [3] 成果

##### (3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

まず第1に、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の船木氏との研究討論により、Magneto-Plasma-Dynamic(MPD)プラズマ内での電磁場とプラズマとの相互作用に関する実験結果と数値解析との比較研究をおこない、加速現象の総合的理解に向けた議論を行った。また、先進的プラズマ推進に不可欠な磁場閉じ込め型プラズマの利用と、磁力線からのプラズマ離脱問題に関し、現状の研究進展状況に関する報告、及び、実験・理論解析両者において今後の研究に関する議論を行った。

第2に、「プラズマ流の基礎と応用」研究会において、以下のような報告と議論を行った。

完全電離状態のプラズマではなく、中性ガスと混在したプラズマ状態は、低温プロセスや大気圧プラズマ、又最近では宇宙プラズマなどで広く観測されているが、荷電粒子と中性粒子との運動量交換によって三極渦や目玉型の渦構造が形成されることが報告されている。このプラズマ内での粒子運動の様子を詳細に観測するために半導体レーザを用いたレーザ誘起蛍光法の開発が行われ、基礎的な測定例についての報告が九大の田中雅慶氏よりなされた。

また、流れ場の挙動を解明するためにはイオンの断熱指数の値が重要なパラメータの一つとしてあげられるが、プラズマ内での詳しい検討がなされていない。京大の阪上氏により、一般的な重力多体系を題材としてこの状態変化を調べるために、一般化された断熱指数としてのポリトロープ指数の時間的变化とその意味づけに関する報告があり、プラズマ流中のイオン断熱指数の時間変化との関連性について議論が行われた。

山梨大学の秋津哲也氏からは、高密度プラズマを用いたアルヴェン波動励起伝搬に関する研究について、過去20年間の研究の動向と最近の話題について紹介があり、様々な形態の波動励起用アンテナや実験結果などに関し比較検討がなされた。あわせて、近年注目を集めている大気圧プラズマを用いた滅菌技術の展開と将来展望に関する話題提供が行われた。特に、この滅菌技術は山梨大学で進められている医工連携事業の中心技術として位置づけられ、大型処理施設の建設や医療現場での使用実績が積み上げられており、今後ますます研究の進展が見込まれる分野であると報告された。この研究においても非平衡プラズマを内包した高速ガス流の存在が重要であるとの報告があった。

カナダのMcMaster大学からJen-Shin Chang博士が来日され、本研究会において、最近のEHD(Electro-Hydro-Dynamic)大気圧プラズマ・ポンプの研究に関する報告と議論が行われた。EHD現象は古くファラデーの時代より認識されていたが、最

近、液体中のEHD現象を利用した非機械的ポンプの実現や、大気圧下でのガス粒子のEHD流動現象などに注目が集まっており、その応用例として壁面近傍での境界層流に対してEHD駆動流を適用し、流体抵抗を減少させる研究などの紹介が行われた。また、東北大学の友裕唯氏より電歪力を主な駆動力要因とする新しい型のEHDポンプ研究の紹介があった。循環型流路を用いたポンプ能力の評価や電磁界計算と組み合わせた最適な電極形状の設計手法に関する報告がなされた。

本研究会ではコンプレックスプラズマに関する研究報告も行われ、プラズマ中のダストの挙動などを中心とした話題提供が行われた。特に宇宙航空研究開発機構の足立 聡氏により、最近の宇宙ステーションを利用した微小重力下での国際協力研究としてダストプラズマの結晶化や流体としての挙動に関する研究の現状と将来計画について報告があり、多くのプラズマ流研究との類似点や相違点などをふまえた新しい研究テーマの提案に関し、議論がなされた。

上記の2回の講演会および研究会の参加者は、それぞれ学内外を含め50名以上であった。各講演内容に対して参加者による活発な討論が行われ、理論的、実験的側面ならびに応用についての理解に大きく寄与した。

### (3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクト研究会では、宇宙プラズマにおけるプラズマジェット形成や核融合プラズマ中における自発的な流れ場の形成と閉じ込めの改善、また同軸放電管によるアークジェットの形成といった自然界や産業応用研究など様々な場で観測されている流れが深く関与するプラズマ物性を総合的に理解し、お互いの特性の評価、理論的検討などを進めることができた。特にダストプラズマ研究会との合同研究会を開催することによって、ダストプラズマ内での流れ場の果たす役割についても検討を行い共通の認識を深めることが出来たことは、今後の研究進展に対して大きな成果の一つである。

また、学会活動への展開として、プラズマ・核融合学会でのシンポジウムの開催と、学会誌における企画記事「高速プラズマ流と衝撃波の研究の始め」の掲載を行い、研究者同士のネットワークの拡大や若手研究者への情報発信、教育効果を図った。本研究会活動を基点として、流れが深く関与するプラズマ物性の研究は、様々な基礎研究および応用分野において、今後ますます研究の発展・理解につながることが期待される。

### [4] 成果資料

[1] A.Taruya, M.Sakagami, "Antonov problem and

quasi-equilibrium states in an N-body system", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Vol.364, p.p.990-1010, (2005).

[2] H.Ohkawa, T.Akitsu, M.Tsuji, et.al., "Pulse-modulated, high-frequency plasma sterilization at atmospheric-pressure", Surface & Coatings Technology, Vol.200, p.p.5829-5835, (2006).

[3] H.Ohkawa, T.Akitsu, M.Tsuji, et al., "Initiation and microbial-disinfection characteristics of wide-gap atmospheric-pressure glow discharge using soft X-ray ionization", Plasma Processes and Polymers, Vol.2, p.p.120-126, (2005).

[4] T.Akitsu, H.Ohkawa, M.Tsuji, et al., "Plasma sterilization using glow discharge at atmospheric pressure", Surface & Coatings Technology, Vol.193, p.p.29-34, (2005).

[5] J-S.Chang, Y.Uchida, K.Urashima, R.Taylor, "Transient barrier discharge characteristics of parallel-plate-type, packed-bed, non-thermal plasma reactor under high-humidity conditions", Plasma Processes and Polymers Vol.3, p.p.721-726, (2006).

[6] B.R. Locke, M.Sato, P.Sunka, M.R.Hoffmann, J-S.Chang, "Electrohydraulic discharge and nonthermal plasma for water treatment", Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol.45, p.p.882-905, (2006).

[7] J-S.Chang, Y.Uchida, M.Ara, et al., "Soot free non-thermal plasma reforming of hydro carbon gas by flow stabilized corona discharges", J. Advanced Oxidation Technologies, Vol.8, p.p.193-197, (2005).

[8] A.Ando, T.K.Watanabe, T.Makita, et.al., "Mach Probe Measurements in Unmagnetized Plasmas with Subsonic and Supersonic Flow", Contributions to Plasma Physics, Vol.46, p.p.335-340, (2006).

[9] A.Ando, Y.Hosokawa, M.Hatanaka, et al., "Evaluation of Mach Probe Characteristics and Measurement of High-Mach-Number Plasma Flow", Thin Solid Films, Vol 506-507C, p.p.692-696, (2006).

[10] A.Ando, Y.Hosokawa, M.Hatanaka, et al., "Ion Heating Experiment by a helical Antenna in a Fast Flowing Plasma", Thin Solid Films, Vol 506-507C, p.p.601-604, (2006).

[11] A.Ando, M.Inutake, M.Hatanaka, et al., "Alfven wave excitation and single-pass ion cyclotron heating in a fast-flowing plasma", Physics of Plasmas, Vol.13, 057103 1-7, (2006).

[12] K.Hattori, H.Yamada, T.Kumagai, et al., "Characteristics of Atmospheric-Pressure DC Glow Discharge in Pin-Plate Electrodes by use of Gas Flow Stabilization Method", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.45, No.10B, p.p.8246-8250, (2006).